

基于信息化检测分析平台的蛋黄派镀铝复合膜包装比较研究

姜万勇¹, 曾忠斌², 彭浩³, 陈欣³

(1. 天津大学, 天津 300072; 2. 国家包装产品质量监督检验中心, 兰州 730030; 3. 济南兰光机电技术有限公司, 济南 250031)

摘要: 针对国内蛋黄派食品的外包装对产品的保护性能水平层次差别较大的现象, 利用多种具有物联网信息化功能的包装检测设备及数据分析平台, 对不同品牌蛋黄派的镀铝复合膜的物理机械性能、阻隔性能以及溶剂残留等质量管控指标快速地进行相关试验; 将试验数据进行了比较, 结合蛋黄派食品的特性以及镀铝复合膜的生产工艺, 分析了不同镀铝复合膜包装质量差异的原因, 为蛋黄派食品企业在外包装质量控制方面提供参考依据。

关键词: 镀铝复合膜; 信息化包装检测设备; 包装性能检测; 质量差异分析

中图分类号: TB487; TB484.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)17-0044-05

Comparison on Quality of Aluminum Composite Films for Custard-pie Based on Information Testing and Analysis Platform

JIANG Wan-yong¹, ZENG Zhong-bin², PENG Hao³, CHEN Xin³

(1. Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. National Packaging Product Quality and Inspection Center, Lanzhou 730030, China; 3. Labthink Instruments, Co., Ltd., Jinan 250031, China)

Abstract: In view of the phenomenon that domestic external packaging for custard-pie has different protection performance, tests were carried out rapidly on aluminum composite film for various brands custard-pie packaging by packaging testing machines and data analysis platform to get quality control indexes, such as mechanical properties, barrier property, residual solvent and so on. These equipments were internet of thing and informatization. The experimental data were compared. The reason of quality difference of various aluminum composite films was analyzed combining with the custard-pie characteristics and production technology. The purpose was to provide valuable reference for quality control of external packaging of custard-pie.

Key words: aluminum composite film; informatization packaging testing equipment; packaging performance test; quality difference analysis

近年来,蛋黄派类食品的市场前景较好,国内陆续涌现出了许多蛋黄派产品,但是这些品牌所使用的包装对其内容物的保护性能水平却参差不齐,有时会出现包装的密封性能或者阻隔外界氧气或水蒸气的性能较差,导致了气调包装内氮气的泄漏^[1],进而引起蛋黄派的变质^[2-3]。现在用于蛋黄派的包装材料多为镀铝复合膜,如 BOPP(双向拉伸聚丙烯)/VM-CPP(镀铝流延聚丙烯)复合膜或 PET(双向拉伸聚酯膜)/VMCPP(镀铝流延聚丙烯)复合膜。镀铝复合膜既具有塑料薄膜的良好物理机械性能又具有金属的

高阻隔、较好光泽度等特性,而且其价格比使用纯铝箔作为阻隔层的复合膜更低^[4-5],上述特性使其在高油脂、干燥食品、糕点以及膨化食品的包装应用上优势明显。然而,质量较差的镀铝复合膜常在经过揉搓等外界力的损坏后,出现阻隔性下降以及出现热封效果较差而导致的密封性能受损等问题,上述问题极易造成油脂含量较高、易被氧化、柔软蓬松并使用气调包装的糕点发生氧化变质以及塌陷现象^[6]。针对镀铝复合膜质量差异问题,笔者挑选市场上几种品牌蛋黄派所使用的包装进行物理机械性能、阻隔性能以及

收稿日期: 2012-07-10

作者简介: 姜万勇(1970—),男,山东海阳人,天津大学在读博士,中润资源股份有限公司总经理助理,主要研究方向为企业战略管理、企业信息化、企业软实力。

溶剂残留等针对性试验,为了使多种试样的联合数据比对高效便捷,选取了先进的具有物联网信息化功能的包装检测仪器平台及数据分析平台,对上述试验的数据快速地进行收集、存储及比对分析,并对反映出的复合膜质量问题从蛋黄派特性、复合膜生产工艺等方面进行综合剖析。

1 蛋黄派特性及其包装材料应具有的性能

蛋黄派自身油脂含量较高,虽然已经加入了多种防腐剂、抗氧化剂等食品添加剂,但空气的渗入仍会造成微生物的滋长以及食品的变质,因为氧气环境会使油脂中大量不饱和脂肪酸成分被氧化而酸败,蛋白质及氨基酸成分被氧化而失去营养,所以食品应尽可能与氧气环境隔绝,即需要包装具有良好的阻隔性及密封性^[7]。另外,蛋黄派在入袋过程中容易沾污封口处,导致热封效果变差。为了保护蛋黄派不被氧化,同时避免蛋黄派被挤压,绝大多数蛋黄派产品采用充氮气包装,这就对包装的物理机械性能有一定的要求。

根据 GB/T 10004—2008《包装用塑料复合膜、袋干法复合、挤出复合》的要求,包装物的油墨印刷层中油墨成分不可含有苯类致癌化学物质,否则会在高温、高湿环境下或食品长期的储存中发生迁移,进入食品后会影响到食用者身体健康。另外,油墨的印刷适性要好,油墨与基材之间黏结良好。

2 镀铝复合膜所满足的性能优势

2.1 阻隔性

镀铝复合膜具有优良的阻气性、阻湿性、阻油性以及保香性。因其具有良好的反射性,所以它对被包容物具有一定的遮光性。不但对氧气和水蒸气有很强的阻隔性,而且几乎可以隔绝所有的紫外线、可见光和红外线,这就大幅度延长了食物的货架期和保质期。比如厚度为 12 μm 的单层聚酯镀铝膜(VMPET)的透氧量为 $0.5 \sim 1.0 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 10^5\text{Pa})$ (温度 25 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 85%),透湿量为 $1.0 \sim 1.5 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ (温度 40 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 90%);总厚度为 50 μm 的双向拉伸聚丙烯/流延聚丙烯镀铝膜(BOPP/VMPET)双层复合膜的透氧量为 $4.6 \sim 5.2 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 10^5\text{Pa})$ (温度 45 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 75%),透湿量为 $1.0 \sim 4.0 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ (温度 40

$^{\circ}\text{C}$,相对湿度 80%);总厚度为 65 μm 的聚酯膜/聚酯镀铝膜/聚乙烯(PET/VMPET/PE)三层复合膜的透氧量为 $5.3 \sim 6.0 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 10^5\text{Pa})$ (温度 52 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 85%)。

2.2 物理机械性能

镀铝复合膜需要有一定的机械强度和柔韧性。例如拉伸强度、拉伸形变率、抗冲击强度等性能指标的高低,均反映了复合膜是否具有有良好的柔韧性;再如揉搓后是否会出现针孔或者阻隔性下降现象,则反映了镀铝复合膜是否具有优良的耐折性及抗揉搓能力,以保证其在包装食品过程中不易出现揉曲、皱折、漏气等现象;而良好的复合强度可保证镀铝复合膜在使用过程中不发生镀铝层的脱落,也不易发生剥离强度严重下降导致的包装袋的热封口不易撕开而易将复合层剥离的现象,其中镀铝复合膜的复合牢度主要依赖于镀铝层膜与基材膜之间胶粘剂的选用。

2.3 外观

镀铝膜表面具有极佳的金属光泽和良好的反射性,质量较好的镀铝复合膜的里层表面应当平整、光滑,无明显的杂质、斑痕,更不应出现明显的亮条、阴阳面等现象。

2.4 溶剂残留

根据国家相关法律法规要求,用于食品的复合膜中不可含有苯类等致癌化学物质,否则会在高温、高湿环境下或食品长期的储存中发生迁移,进入食品后会影响到食用者身体健康。而现在用于蛋黄派等食品的镀铝复合膜多为干式复合工艺,所以一般会存在酯类、苯类等溶剂成分的胶粘剂。另外,印刷层中的油墨也可能含有酮类、苯类等有害溶剂成分。所以,在镀铝复合膜加工过程中应注意对上述环节中溶剂挥发的控制,在保证镀铝复合膜复合强度与油墨黏结度较好的前提下,达到对人体无伤害。

3 不同品牌镀铝复合膜的测试与研究

3.1 试验项目、设备及参考标准

3.1.1 阻隔性

1) 试验项目:氧气透过量与氮气透过量(参考 GB 1038—2000);试验设备:VAC-V2 压差法气体渗透仪。

2) 试验项目:水蒸气透过率(参考 GB/T 21529—2008);试验设备:W3/330 水蒸气透过率测试系统。

3.1.2 物理机械性能

1) 试验项目:抗拉强度与拉伸形变率(参考 GB 1040.3—2006)、热封强度(参考 QB/T 2358—1998)、剥离强度(参考 GB 8808—1998);试验设备:XLW (PC)智能电子拉力试验机。

2) 试验项目:抗摆锤冲击能(参考 GB 8809—1988);试验设备:FIT-01 薄膜冲击试验机。

3) 试验项目:泄漏最大负压(GB/T 15171—94);试验设备:MFY-01 密封试验机。

3.1.3 化学性能

试验项目:溶剂残留(参考 GB/T 10004—2008);试验设备:GC7800 气相色谱仪。

值得一提的是本次研究试验均采用最新一代的基于物联网与云计算功能的包装检测仪器和数据分析平台,极大地提高了数据汇总、分析、比对的工作效率。该平台基于各类包装检测仪器经过信息化改造和数据集成,可以将试验过程和结果数据自动通过无线网络汇集到实验室数据采集服务器并上传至云端。分析者可以通过云端应用自动绘制实验过程曲线和自动结果比对分析,并可以对多个试验、试样的同类

指标进行叠加对照。该平台目前已广泛应用于包装材料性能检测的综合性研究及分析比对,是典型信息化与包装检测技术的完美结合。

3.2 结果与分析

抽选了4种品牌的蛋黄派成品包装及其镀铝复合膜包装的原材料,进行了阻隔性、物理机械性能以及化学性能等项目的试验^[8],将4种样品分别命名为1号、2号、3号、4号。根据试验结果、蛋黄派的食品特性、镀铝复合膜的生产工艺以及包装与食品相容性,进行了如下的比较和分析。

3.2.1 镀铝复合膜的阻隔性比较

为了测试不同品牌蛋黄派使用的镀铝复合膜的阻隔效果差异,测试了这4种样品的成品包装的3种气体阻隔性,见表1。由表1可以看出4种复合膜的氧气透过量在 $48.2 \sim 248.2 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 10^5\text{Pa})$ (23℃, 50%RH)之间,氮气透过量在 $14.8 \sim 56.9 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 10^5\text{Pa})$ (23℃, 50%RH)之间,水蒸气透过率在 $1.0 \sim 3.9 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$ (38℃, 90%RH)之间。其中,3号样品的氧气和氮气透过量均为其他3种样品结果的3~4倍。

表1 4种蛋黄派的镀铝复合膜的阻隔性数据比较

Tab.1 Comparison of barrier property of four kinds of aluminum composite films for custard-pie

试样 编号	试样厚度 / μm	试样结构	氧气透过量(23℃, 50%RH) / $(\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}^{-1} \cdot (10^5\text{Pa})^{-1})$	氮气透过量(23℃, 50%RH) / $(\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}^{-1} \cdot (10^5\text{Pa})^{-1})$	水蒸气透过率(38℃, 90%RH) / $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}^{-1})$
1号	40	BOPP/VMCPP	53.9613	14.8182	1.617
2号	42	PET/VMCPP	66.4894	19.6641	3.912
3号	50	BOPP/VMCPP	248.2062	56.9478	1.102
4号	45	BOPP/VMCPP	48.2055	15.0128	1.026

根据实验室以往对油脂及水分含量较高食品包装、镀铝复合膜的阻隔性测试数据,用于蛋黄派类产品的镀铝复合膜的氧气透过量与氮气透过量应分别控制在10和 $5 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 10^5\text{Pa})$ 以下,而市场上4种品牌的镀铝复合膜的这2种阻隔性均远远大于上述参考值,分析其原因有如下几点。

首先,外层上印刷层的阻隔性也决定了复合膜整体阻隔性,所以外层材料的不同会导致阻隔性的差异,例如PET比BOPP的阻隔性好^[9];其次,一般情况下,在采用同样的复合材料结构时,镀铝复合膜中具有阻隔作用的膜层厚度越高,阻隔性越好。所以,如果增加外层BOPP的厚度而降低内层VMCPP的厚度时,虽然镀铝复合膜的整体厚度较高,但仍不如内层VMCPP厚度较高的镀铝复合膜的阻隔性好;再

次,如果内层VMCPP及复合用胶黏剂质量较差,蛋黄派的油脂及酒精等化学成分缓慢从质量较差的直接接触层VMCPP渗透至复合膜的胶黏层,VMCPP则可能发生一定的镀铝脱落,阻隔性会进一步迅速下降,从而导致油脂等有机成分的进一步渗透,导致镀铝膜复合强度进一步减弱,使复合膜层与层之间发生轻微脱离现象,则包装的整体阻隔性即严重下降。

3.2.2 镀铝复合膜的物理机械性能比较

测试了这4种样品原材料的抗拉强度与拉伸形变率、抗摆锤冲击能及剥离强度,并测试了成品包装的热封强度及泄漏最大负压,见表2。由表2可以看出4种复合膜的纵向和横向抗拉强度分别在 $57.00 \sim 64.50 \text{ MPa}$ 与 $71.84 \sim 112.08 \text{ MPa}$ 之间,纵向和横向拉伸形变率分别为 $124.87\% \sim 164.57\%$ 与 10.93%

表 2 4 种蛋黄派的镀铝复合膜的物理机械性能数据比较(试验的环境条件:23℃,50%RH)

Tab.2 Comparison on mechanical properties of four kinds of aluminum composite films for custard pie

试样 编号	试样厚度 / μm	抗拉强度 /MPa	拉伸形变率 /%	热封强度 /($\text{N} \cdot (15\text{mm})^{-1}$)	抗摆锤冲击 /J	剥离强度 /($\text{N} \cdot (15\text{mm})^{-1}$)	泄漏最大负压 /kPa
1 号	44	纵向 64.50	纵向 158.97	顶边 11.96	2.231	1.8	31.4
		横向 112.08	横向 26.73	侧边 8.99			
2 号	46	纵向 57.00	纵向 124.87	顶边 14.07	2.214	1.4	38.3
		横向 71.84	横向 10.93	侧边 10.29			
3 号	45	纵向 59.38	纵向 164.57	顶边 11.00	2.415	2.1	35.7
		横向 88.51	横向 15.80	侧边 9.83			
4 号	46	纵向 61.11	纵向 129.13	顶边 12.89	2.600	2.2	37.4
		横向 84.26	横向 22.08	侧边 9.61			

~26.73%之间,抗摆锤冲击能为 2.5 J 左右。其中,2 号样品的抗拉强度与拉伸形变率最低,而且横向拉伸形变率未达到国家标准 GB/T 10004—2008 中 15% 的最低标准要求,而其他几种样品的拉伸形变率也仅在 15% 附近。另外,实验室以往对厚度为 50 μm 镀铝复合膜的抗摆锤冲击能测试结果在 3~4 J,而这 4 种样品的抗摆锤冲击能较低。上述结果说明复合膜的韧性较差,脆度较大,分析原因如下。

首先,镀铝复合膜在加工过程中熔体冷却速度过慢会导致制品形成大球晶,大球晶结构使复合膜发脆。而当熔体冷却速度过快会使制品表面的熔体来不及结晶而成为过冷液体的非晶结构,同样会使试样的力学性能降低,而上述 2 种情况均会使得镀铝复合膜的拉伸形变较差,脆度较大。其次,镀铝复合膜多为干式复合法制成,所以 2 层膜之间是利用胶粘剂进行复合的,如果胶粘剂层过厚,将影响复合膜的韧性,使得复合膜的拉伸形变率降低,而拉伸力增大,并且 2 层膜之间很难剥离;另外,配制胶粘剂使用的胶液固化剂量较大,会使交联反应剧烈发生,导致胶膜的脆度加大。

由表 2 可以看出,这 4 种材料的剥离强度在 1.4 ~ 2.2 $\text{N}/(15\text{mm})$,此剥离强度并不高,而且在剥离强度试验过程中,这 4 种样品均发生了部分面积镀铝层迁移现象。另外,除了 4 号样品,其余 3 种样品的 VMCPP 层光泽度较差,出现发白及发暗现象。上述现象说明镀铝复合膜的复合质量较差,干式复合过程中部分环节未得到较好控制。例如,采用单组分热塑性胶黏剂时,产生发白现象的几率要比采用双组分二液反应型胶黏剂时高得多^[10],并且胶黏剂未均匀涂布亦会造成此现象;再如,镀铝膜与胶粘剂的表面张力不匹配,会造成胶粘剂在镀铝膜上的浸润较差,致

使结合牢度差,镀铝膜发白等现象;另外,胶粘剂的溶剂释放不良时,胶液易渗入镀铝层,破坏镀铝层,特别是在蛋黄派此类油脂等有机成分含量较高的内容物存在时更易发生上述现象。

由表 2 中热封强度可以看出,2 号试样的顶边及侧边的热封强度最高,但是与实验室以往测试的同样复合结构的镀铝复合膜数据相比仍偏低。另外,这 4 种样品的成品包装在 -38.3 ~ -31.4 kPa 范围的泄漏负压时即发生侧边或顶边的泄漏现象,甚至 1 号与 3 号蛋黄派产品在正常环境下放置亦发生漏气现象,而实验室以往在测试非气调包装的镀铝复合膜包装产品时,在达到最大泄漏负压 -90 kPa 也不易发生泄漏。上述现象说明了对于镀铝复合膜的气调包装产品所需要的热封强度应更大。而导致上述问题的原因可能有如下几点:首先,包装材料自身问题,如果内层镀铝膜非低温热封镀铝膜,那么热封温度应高于低温热封镀铝膜的热封温度才可满足热封效果;其次,热封温度、压力、时间参数没有调整合适,这 3 个参数需要结合蛋黄派产品以及镀铝复合膜热封层 VMCPP 的厚度等因素决定。如果热封温度或压力过大容易造成“切根”现象,而温度或压力过低则会造成热封强度较低,致使蛋黄派成品包装中的氮气成分缓慢从封口处泄漏;再次,蛋黄派食品包装的封口处易沾染油污,这易导致热封污染,使热封口结合牢度下降;另外,2 号样品侧边的热封形式与其他 3 种样品不同,其侧边热封样式为双向凹凸棱线,而其他 3 种热封样式是单向凹凸棱线,前者热封方式使侧边的热封效果更好。

3.2.3 镀铝复合膜的溶剂残留量的比较

溶剂残留试验数据见表 3。可以看出,4 个样品

表3 4种蛋黄派的镀铝复合膜的溶剂残留性能的数据比较(试验的环境条件:23℃,50%RH)

Tab.3 Comparison on residual solvent of four kinds of aluminum composite films for custard pie

试样编号	苯含量	溶剂残留总量
	$/(mg \cdot m^{-2})$	$/(mg \cdot m^{-2})$
1号	0.0024	0.0245
2号	0.0019	0.0302
3号	0.0121	0.0121
4号	0	0.0504

的溶剂残留总量均低于国家标准要求的 5.0 mg/m^2 , 其中仅3号样品的苯类物质(甲苯与二甲苯)含量超出国家限量 0.01 mg/m^2 , 即表示检测出苯类物质, 而苯类物质是国家规定不允许在食品包装袋中检出的。可以推测出该复合膜在油墨层印刷过程中溶剂含有的甲苯、二甲苯、醇类等物质未挥发完全, 并在挥发处理溶剂过程中不严格控制, 即导致高温状态下挥发出类似于油漆的甲苯味道, 苯类物质在高温、高湿或高油脂环境下可能迁移至蛋黄派中, 引发食品迁移带来的食品安全问题, 进一步影响消费者健康。

4 结论

国内蛋黄派产品使用的镀铝复合膜的质量较低, 主要集中在 VMCPP 的光泽度、阻隔性以及镀铝复合膜整体的复合强度、韧性方面。另外, 蛋黄派生产企业在追求高效生产时对镀铝复合膜的热封工艺中参数设置缺少调试, 导致了热封强度偏低, 进一步引发部分产品密封性较差。而对于镀铝复合膜生产企业, 在有害溶剂残留量控制上也主要是为了追求生产成本的节省, 从而导致溶剂挥发不充分。所以, 国内蛋黄派生产企业在使用镀铝复合膜作为外包装时, 首先需要加强企业对包装原料质量的进厂管控; 其次考虑食品与复合膜之间的相容性, 从而调整生产工艺中涉及的环节; 最重要的是食品企业应对复合膜以及蛋黄派包装成品定期检验, 及时发现问题, 促进复合膜生产工艺的改造或蛋黄派包装过程中的质量控制。

参考文献:

- [1] 尹治华, 裴仁清, 赵懿峰. 基于压力法的可连续配气气调包装机[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 34—35.
YIN Zhi-hua, PEI Ren-qing, ZHAO Yi-feng. The MAP Machine with Continuous Gas Mixer Based on Pressure [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 34—35.
- [2] 周加彦, 赵江. 正确认识材料的阻隔性[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 238—239.
ZHOU Jia-yan, ZHAO Jiang. Correct Understanding of Barrier Property of Material[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 238—239.
- [3] 丁运生, 张志成, 史铁钧. 阻隔性高分子材料研究进展[J]. 功能高分子学报, 2001, 14(3): 360—364.
DING Yun-sheng, ZHANG Zhi-cheng, SHI Tie-jun. Progress and Research of Impermeable Polymer Materials [J]. Journal of Functional Polymers, 2001, 14(3): 360—364.
- [4] 陈全东. 软包装干式复合镀铝膜常见故障及排除[J]. 印刷技术, 2003(18): 46—48.
CHEN Quan-dong. Common Failures and Exclusion of Soft Package Aluminum Laminated Films by Dry Lamination[J]. Printing Technology, 2003(18): 46—48.
- [5] 韦公远. 铝塑复合膜包材的开发应用[J]. 中国包装, 2011, 31(1): 55—57.
WEI Gong-yuan. Development and Application of Aluminum Composite Films as Packaging Materials [J]. China Packaging, 2011, 31(1): 55—57.
- [6] 王洪江, 孙诚, 曲颖. 食品包装复合材料现状及发展趋势[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(1): 59—62.
WANG Hong-jiang, SUN Cheng, QU Ying. Current Status and Development Trends of Compound Food-packaging Materials[J]. Packaging and Food Machinery, 2009, 27(1): 59—62.
- [7] 邱竟, 许卫红. 谈我国休闲食品包装要求[J]. 塑料包装, 2011, 21(1): 27—30.
QIU Jing, XU Wei-hong. Talk on the Requirements of Snack Food Packaging in China[J]. Plastics Packaging, 2011, 21(1): 27—30.
- [8] 王兴东, 赵江. 氮气的包装功效以及相关检测[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 213—214.
WANG Xing-dong, ZHAO Jiang. Efficiency and Relevant Testing of Packaging with Nitrogen[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 213—214.
- [9] Z Ke, B Yongping. Improve the Gas Barrier Property of PET Film with Montmorillonite by in the Situ Interlayer Polymerization[J]. Materials Letters, 2005, 59(27): 3348—3351.
- [10] 郭俊杰, 张宏元. 镀铝膜/PE膜复合用水性复合胶的开发与应用研究[J]. 包装工程, 2006, 27(3): 25—27.
GUO Jun-jie, ZHANG Hong-yuan. Development and Application of Waterborne Adhesives for Vacuum Aluminum/PE Laminated Films[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 25—27.